

# Digitalisierung in der Wasserkraft

Christian Freiler<sup>1</sup>, Florian Senn<sup>1</sup>, Bernd Hollauf<sup>2</sup>, Daniela Schlüsselberger<sup>1</sup>

<sup>1</sup> VERBUND Hydro Power GmbH, Europaplatz 2, 1150 Wien, [www.verbund.com](http://www.verbund.com)

<sup>2</sup> Verfahren Umwelt Management GmbH, Lakeside B06b, 9020 Klagenfurt, [www.vum.co.at](http://www.vum.co.at)

**Kurzfassung:** In der allgemeinen Wahrnehmung wird Digitalisierung in der Energiewirtschaft vor allem mit kundenahen Dienstleistungen bzw. dezentralen Anwendungen verbunden und weniger mit der konventionellen Erzeugung, wie z.B. Wasserkraft. Allerdings gibt es gerade in der Wasserkraft aufgrund der jahrzehntelangen Erfahrungen mit Automatisierung der Anlagen gute Voraussetzungen für eine weitere Entwicklung in diese Richtung, wobei aufgrund vieler Analogien im Produktionsprozess der Begriff Industrie 4.0 ebenso zutreffend wäre.

Im Konkreten verfolgt VERBUND Hydro Power GmbH (VHP) als größter österreichischer Stromerzeuger derzeit zwei Zielrichtungen bei der weiteren Digitalisierung. Zum einen betrifft dies die Arbeitsprozesse im Kraftwerksbetrieb (Digital Workforce-Management) mit dem Ziel einer Unterstützung derselben durch moderne Methoden der Informationstechnologie. Auf der anderen Seite ist dies die Technologie der Produktion, die durch entsprechende Plattformen und Tools unterstützt werden soll, wie es in anderen Bereichen der Produktion bereits heute in Ansätzen der Fall ist (Digital Hydro Power Plant).

Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich daher mit beiden Digitalisierungsansätzen und stellt den aktuellen Status dar.

**Keywords:** Digitalisierung, Wasserkraft, Workforce-Management, Digital Hydro Power Plant

## 1 Einleitung

Der Hype der „Digitalisierung“ erreichte in jüngster Zeit auch die Erzeugung aus Wasserkraft. Ansätze wie Big Data Management, Industrie 4.0, Digitale Fabrik und IoT<sup>3</sup> haben mittlerweile auch in der als traditionell geltenden Branche der Wasserkrafterzeugung Einzug gehalten.

Der Digitalisierungsgrad der VERBUND-Wasserkrafterzeugung hinsichtlich Automatisierung und Betriebsoptimierung ist bereits sehr hoch. Die Betriebsführung hat in den letzten 25 - 30 Jahren einen Automatisierungsgrad von nahezu 100 % erreicht. Laufend werden Leittechniksysteme an den letzten Stand der Technik angepasst. Sämtliche Wasserkraftwerke werden von der Ferne gesteuert und überwacht. Die Daten werden zentral erfasst und in Datenbanken gespeichert. Wichtige Anlagenkomponenten werden schon heute mittels Diagnosemessungen (online und offline) überprüft und analysiert. Schwingungsüberwachungen an großen Speichermaschinen sind installiert, digitale Durchflussmessungen sind verbaut. In der Hydrografie bzw. Wasserwirtschaft sind permanente Messpunkte bereits digitalisiert.

---

<sup>3</sup> Internet of Things

Ungeachtet des aktuellen Digitalisierungsgrades in der Erzeugung aus Wasserkraft gibt es jedoch durchaus weitere Optimierungsüberlegungen. Im Bereich der Arbeitsprozessoptimierung erkannte man schon sehr früh die Notwendigkeit der Optimierung. Weitere technische Unterstützungsmöglichkeiten sollten ausgelotet werden. Diese Findungsphase wurde auch in einem übergeordneten Konzernprojekt im vergangenen Jahr unterstützt. Basierend auf den vorhandenen Informationen wurde eine Vorgangsweise für eine sinnvolle Weiterentwicklung der bestehenden Automatisierungs- bzw. Digitalisierungsansätze gewählt:

- Analyse des Istzustandes/der Ausgangssituation
- Evaluierung möglicher Ansätze zur Steigerung der Sicherheit
- Erhöhung der technischen Effizienz bzw. Kosteneffizienz
- Ideenfindungsprozess (kontinuierlich)
- Abklärung der rechtlichen, technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen
- Auswahl von definierten Digitalisierungsprojekten
- Entscheidung zur Durchführung

Basierend auf den unternehmensinternen Entscheidungen wurden dann zwei konkrete Umsetzungsprojekte gestartet:

- Digital Workforce-Management (DWFM)
- Digital Hydro Power Plant (DHPP)

## 2 Digital Workforce-Management

Mit dem Projekt „Digital Workforce-Management“ sollen die administrativen und operativen Arbeitsprozesse in der Wasserkraft mittels neuer digitaler Hilfsmittel erleichtert, gestrafft und beschleunigt werden. Der Abwicklung von geplanten Instandhaltungs-, Erneuerungs- und Erweiterungsvorhaben, wiederkehrenden Überprüfungen und Wartungen sowie Störungsbehebungen in Wasserkraftwerken liegen umfangreiche und komplexe Prozesse zugrunde. Diese Maßnahmen werden in Form von Aufträgen von der Arbeitsvorbereitung über Auftragsplanung, Arbeitseinteilung, Auftragsdurchführung sowie Dokumentation und Rückmeldung abgearbeitet (Abbildung 1). Durch die umfassende digitale Unterstützung der Auftragsabwicklung mit Mobilgeräten wird eine neue Art des Arbeitens ermöglicht und vorhandene System- und Medienbrüche in den bestehenden Abläufen mit Hilfe einer neuen durchgängigen Softwareanwendung beseitigt.



Abbildung 1: Prozesskreislauf im Auftragswesen

Neben der technischen Abarbeitung und Dokumentation der Aufträge spielen entsprechende personalwirtschaftliche und kostenrechnerische Rückmeldungen zu angefallenen Arbeitszeiten, Zulagen und Reisekosten eine wesentliche Rolle.

## 2.1 Projektmotivation und Ziele

Bei VERBUND wird die Software SAP zur Abwicklung von betriebswirtschaftlichen und technischen Prozessen eingesetzt. Die betriebliche Funktion Personal wird im SAP-Modul HCM<sup>4</sup> abgebildet und umfasst unter anderem die Komponenten Zeitwirtschaft, Personalabrechnung, Reisemanagement und Mitarbeiter-Self-Services (ESS<sup>5</sup>). Sämtliche Prozesse der Themen Beschaffung und Materialwirtschaft werden im SAP-Modul MM<sup>6</sup> abgebildet. Die VHP setzt zur Unterstützung der Anlagensteuerung, Anlagenverwaltung und Instandhaltung sowie zur Abbildung des Lebenszyklus das SAP-Modul EAM<sup>7</sup> ein.

Durch langjährige Entwicklungstätigkeiten auf Basis des SAP-Systems wird der Prozess für den Betrieb und die Instandhaltung von Wasserkraftwerken bereits jetzt von mehreren IT-Systemen unterstützt.

Aufgrund systemtechnischer Einschränkungen ergeben sich derzeit bei administrativen und operativen Abläufen zwangsläufig Medien- und Systembrüche sowie mehrfache Dateneingaben.

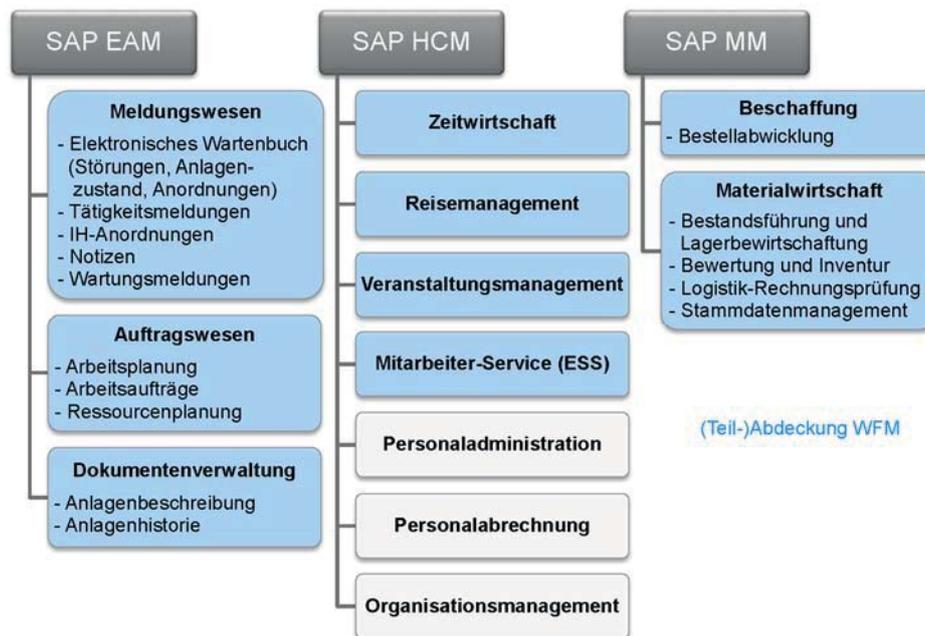


Abbildung 2: Anlagenvverwaltung, Personal- und Materialwirtschaft in SAP

Ein wesentliches Ziel des Projektes ist, die Schwachstellen und Ineffizienzen der vorhandenen Systeme zu beseitigen und die Prozesse durch ein einziges, durchgängiges WFM<sup>8</sup>-System mit einer funktionellen Benutzeroberfläche unterstützt werden.

<sup>4</sup> Human Capital Management

<sup>5</sup> Employee Self Service

<sup>6</sup> Materials Management

<sup>7</sup> Enterprise Asset Management

<sup>8</sup> Workforce-Management

Darüber hinaus sollen neue Funktionalitäten ausgebaut und der Einsatz von Mobilgeräten mit on- und offline-Verfügbarkeit ermöglicht werden. Abbildung 2 zeigt die SAP-Komponenten für Anlagenverwaltung, Personal- und Materialwirtschaft sowie die (Teil-)Abdeckung im WFM-System.

Bei den VERBUND-Wasserkraftwerken in Österreich und Deutschland zeigen sich unter dem Hintergrund der organisatorischen Ausprägung, der geographischen Ausdehnung sowie der Unternehmensgeschichte bei gleicher Prozesslandschaft vor allem im administrativen aber auch operativen Bereich unterschiedlichste Arbeitsweisen.

Mit der Optimierung, Vereinfachung und Standardisierung administrativer Prozesse sowie Automatisierung von Arbeitsschritten im Bereich Personaladministration und Ermöglichung einer mobilen Arbeitsweise durch das WFM-System, soll die operative Abwicklung der Instandhaltung von Wasserkraftwerken verbessert, die Arbeitsqualität (vor allem Betriebs- und Instandhaltungsdokumentation) erhöht und Nebenzeiten reduziert werden.

## 2.2 Prozessentwicklung

Als erster Schritt wurden die administrativen und operativen Ist-Prozesse der neun VHP Werksgruppen und Fachabteilungen für die Kernprozesse „Kraftwerke instand halten und optimieren“ sowie „Kraftwerke einsetzen und betreiben“ erhoben.

In der darauffolgenden Prozessanalyse wurden folgende Verbesserungspotentiale aufgezeigt:

- Medienbrüche (z. B. ausgedruckte Aufträge, Checklisten und Unterlagen, händische Dokumentation sowie papierbasierte Zeit-/ SEG<sup>9</sup>-Zulagenrückmeldungen)
- Systembrüche und mehrfache Datenerfassung (z. B. für kurzfristige Abwesenheiten und Zeitdaten)

Die Ursachen der festgestellten Schwachstellen lassen sich wie folgt einteilen in:

- Systemtechnik (fehlende Schnittstellen zwischen SAP-Modulen, komplexe Bedienbarkeit relevanter SAP-Oberflächen, fehlende digitale Unterstützung für Mobilgeräte)
- Organisation (Unterschiedliche Abwicklung administrativer und operativer Abläufe, fehlende Zugänge und Berechtigungen)

Basierend auf der Erhebung und Analyse der Ist-Prozesse wurden Abläufe optimiert und standardisierte Soll-Prozesse für Betrieb und Fachabteilungen erarbeitet.

## 2.3 WFM-System

Das WFM-System wird als SAP Add-On ohne Datenhaltung in einer zusätzlichen Hardware Middleware oder Cloud mit einem mobilen und einem stationären Client auf Basis einer webbasierten Technologie realisiert. Die Funktionalitäten des WFM-Systems müssen je nach Anforderung entweder nur stationär, nur mobil (offline-Funktionalität) oder sowohl stationär als auch mobil (online-Funktionalität) zur Verfügung stehen.

---

<sup>9</sup> Schmutz-, Erschwernis- und Gefahrenzulagen

Abbildung 3 beschreibt graphisch den Systemkontext des geplanten WFM-Systems. Ersichtlich sind sowohl:

- geplante WFM-Systembereiche (Kapitel, Module)
- darunterliegende SAP Kernmodule
- SAP-basierte Umfeldsysteme mit notwendigen Schnittstellen bzw. Abstrüngen
- relevante Umfeldsysteme mit Schnittstellen zu den SAP Kernmodulen

Ziel des Systems ist eine möglichst nahtlose und bereichsübergreifende Abdeckung der zu unterstützenden administrativen und operativen Arbeitsprozesse – sowohl für planende Vorgesetzte als auch für ausführende MitarbeiterInnen.

Die für das WFM-System notwendigen Funktionalitäten wurden in logische, den Prozess übergreifende, Bereiche unterteilt. Dies dient einer technischen bzw. fachlichen Strukturierung der Funktionalitäten parallel zur Strukturierung über den Prozess bzw. dessen Ablauf.

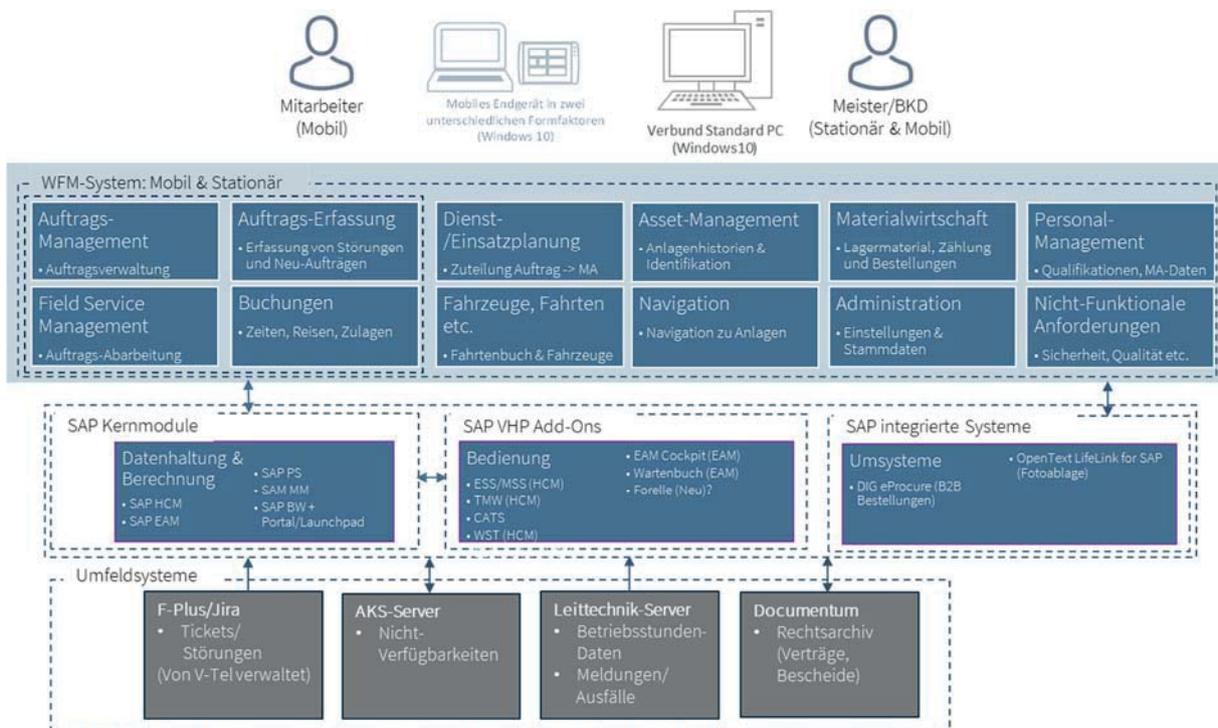


Abbildung 3: „Big picture“ WFM - Systemkontext

### 3 Digital Hydro Power Plant

Die digitale Transformation verändert in rasender Geschwindigkeit nahezu alle Branchen und wird auch den Wasserkraftbereich weiterhin maßgeblich beeinflussen. Gerade in der Wasserkraft existieren aufgrund der jahrzehntelangen Erfahrungen mit der Automatisierung der Anlagen bereits gute Voraussetzungen, es gilt jedoch aufbauend auf bereits Vorhandenem die nächsten Schritte zu setzen. Im zweiten Digitalisierungsprojekt „Digital Hydro Power Plant“ geht es daher um die Prüfung bzw. daran anknüpfend um den Einsatz geeigneter digitaler Technologien zur Weiterentwicklung der Prozesse in Wasserkraftwerken.

Der Projektfokus liegt ergänzend zum „Digital Workforce-Management“-Projekt auf der Optimierung der technischen Prozesse, beispielsweise im Sinne einer frühzeitigen Schadenserkennung (prospektive Instandhaltung) oder letztendlich auch einer effizienteren Störungsbehebung. Ein wesentlicher Aspekt der Digitalisierung ist dabei generell die schnelle, entsprechend den jeweiligen Aufgabenstellungen maßgeschneiderte Informationsgewinnung und Informationsbereitstellung. Neben der Instandhaltung betrifft dies insbesondere auch die Bereiche des Wissens- und Krisenmanagements.

Das Projekt wurde zeitlich in zwei Projektabschnitte geteilt und hat im Jahr 2017 mit der Testphase, in der zunächst vielversprechende digitale Technologien geprüft und testweise in einem Pilotkraftwerk umgesetzt werden, gestartet. Die dort umgesetzten digitalen Testsysteme werden anschließend in einer zweiten Phase (Analysephase) hinsichtlich Eignung für eine Ausrollung auf weitere Wasserkraftwerke bzw. auf den kompletten Anlagenpark der VHP geprüft.

Die Themenschwerpunkte im Projekt sind so vielfältig wie die Digitalisierungstechnologien und erfordern ein interdisziplinäres, agiles Projektteam. Das Projektteam setzt sich u.a. aus Fachexperten für die Bereiche Elektrotechnik, Maschinenbau, Bautechnik, Vermessungstechnik, Verfahrenstechnik, Informatik und Telekommunikation zusammen. Je nach Aufgabenstellung werden bei Bedarf weitere Experten hinzugezogen.

In Abbildung 4 werden die wesentlichen, derzeit verfolgten Themenschwerpunkte anhand eines Laufwasserkraftwerkes und dessen virtuellen Spiegelbildes veranschaulicht. Im „realen“ Wasserkraftwerk wird der Schwerpunkt auf die möglichst autonome Vermessung bzw. Inspektion des Kraftwerkes und der Kraftwerksumgebung gelegt. Vor allem der Unterwasser-Vermessung wird zwangsläufig ein hoher Stellenwert beigemessen. Die Vermessung, beispielsweise mittels Laserscan-Technologien, stellt wiederum eine Basis für alle weiteren Digitalisierungsaktivitäten dar. Auf diese Weise kann ein dreidimensionales, virtuelles Abbild der Kraftwerksumgebung, des Kraftwerkes bzw. relevanter Anlagenteile geschaffen werden.

Für die Störungsbehebung sollen die KraftwerkerInnen zukünftig mit digitalen Assistenzsystemen als Bindeglied zwischen realem und virtuellem Kraftwerk ausgestattet werden, sodass die erforderlichen Informationen möglichst zeitnah und aufbereitet zur Verfügung stehen.

Eine besondere Herausforderung stellt auch die Zusammenführung von bereits zur Verfügung stehenden Daten aus dem Prozessleitsystem und unterschiedlichsten, fachspezifischen Applikationen dar, um in weiterer Folge sowohl über die Kraftwerke als auch über die Fachbereiche hinweg übergreifende Datenanalysen vornehmen zu können.

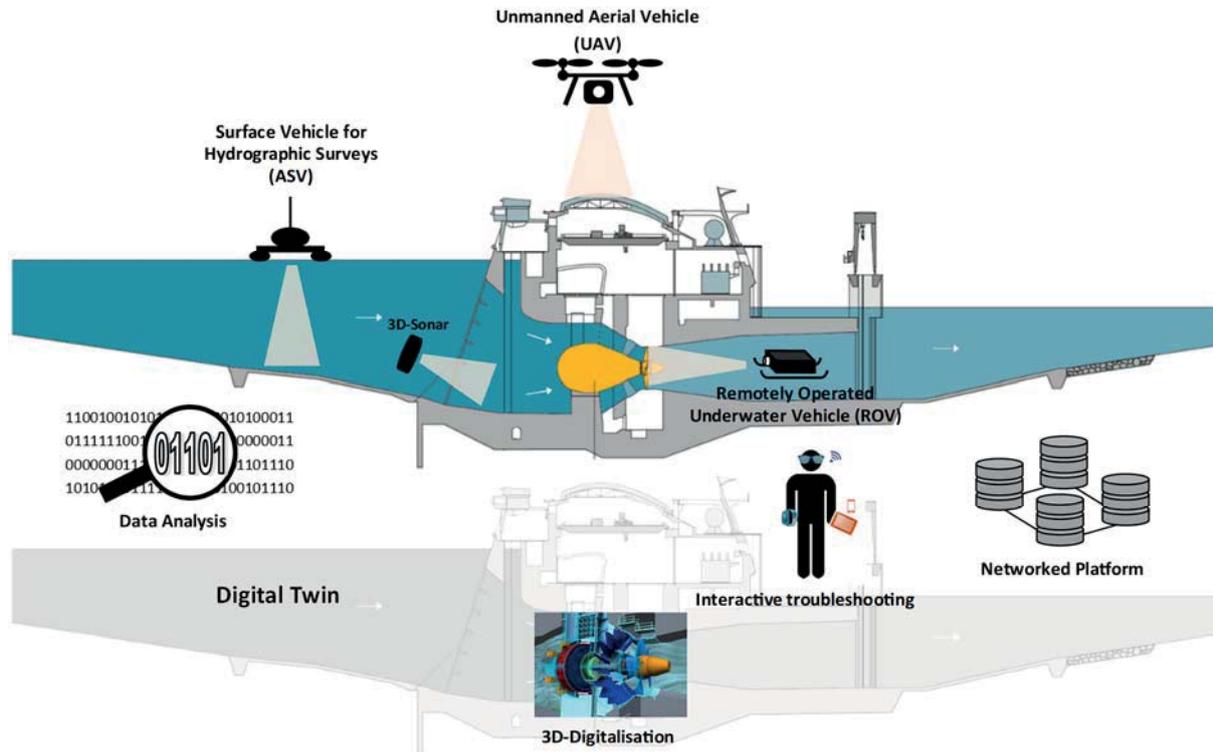


Abbildung 4: Themenübersicht „Digital Hydro Power Plant“

In den folgenden Kapiteln wird auf die einzelnen Themenschwerpunkte näher eingegangen.

### 3.1 3D-Digitalisation

Im Zuge der Bestandsdigitalisierung, die eine wesentliche Grundlage im Digitalen Wasserkraftwerk darstellt, werden sowohl relevante, noch in Archiven vorliegende Pläne digitalisiert wie auch das Kraftwerk und dessen Umgebung mittels Laserscantechnologie aufgenommen.

Ziel ist eine dreidimensionale Visualisierung, um sich zukünftig auch in einem um individualisierte Informationen ergänztem, virtuellen Modell bewegen können. Die Palette der Nutzungsmöglichkeiten reicht von der MitarbeiterInnenschulung oder der Unterstützung bei Instandhaltungsaufgaben bis hin zur Veranschaulichung von Sedimenten im Fließgewässer.

### 3.2 Hydrographic Surveys

An die Gewässersohlenvermessung werden je nach Bereich (Stauraum, Kraftwerks-Nahbereich, Unterwasserbereich, Stauseen) entsprechend der vielfältigen Aufgabenstellungen unterschiedliche Anforderungen gestellt. Die Kenntnis der Gewässersohle ist beispielsweise vor dem Setzen von Dammbalken, vor Kanalentleerungen, bei Grundablässen in Stauseen oder nach Hochwasserereignissen unverzichtbar.

Bisher kommen bei der Gewässersohlenvermessung in der Regel mit Echoloten ausgestattete Boote zur streifenhaften Aufnahme der Gewässersohle in definierten Abständen zum Einsatz bzw. übernehmen im Kraftwerks-Nahbereich nach wie vor TaucherInnen die nicht ungefährliche Vorerkundung.

Zunehmend am Markt verfügbare, weitgehend autonome Trägerplattformen für die jeweiligen Messsysteme lassen nun hinsichtlich Transport, Sicherheit und Personaleinsatz gegenüber den herkömmlichen Lösungen Vorteile erwarten. Durch die kompakte Bauweise sind die Systeme zudem rasch einsetzbar und relativ leicht bedienbar, sodass im Anlassfall eine zeitnahe Aufnahme auch durch die Betriebsmannschaft möglich erscheint. Außerdem ist eine Tendenz weg von der streifenhaften hin zur flächenhaften Aufnahme der Gewässersohle erkennbar.

Aktuell werden im Projekt geeignete Messsysteme evaluiert und getestet. Geprüft wird insbesondere, inwieweit die autonomen, hydrographischen Vermessungsfahrzeuge bei widriger Witterung und stärkerer Strömung eingesetzt werden können.

### **3.3 Remotely operated underwater vehicle (ROV)**

Für Unterwasser-Inspektionen existieren bereits seit längerem ferngesteuerte, in der Regel kabelgebundene, Fahrzeuge. ROVs werden bislang überwiegend im militärischen Bereich und in der Ölindustrie eingesetzt und wurden speziell für Wartungsarbeiten und Inspektionen im Offshore-Bereich entwickelt. Auch bei Wasserkraftwerken wird bereits vereinzelt auf ROVs zurückgegriffen.

Die Geräte sind üblicherweise mit Kameras und starken Lichtquellen ausgestattet, sodass die Inspektionen auch in trübem Wasser durchgeführt werden können. Zur Orientierung dienen Positionierungssysteme oder auch Rundscan-Sonare mit deren Hilfe die nähere Umgebung abgebildet werden kann. Einige Modelle können zudem mit Greifarmen ausgestattet werden.

Mini-ROVs können aufgrund der kompakten Bauweise leicht eingehoben werden und sind relativ einfach zu bedienen. Weiters sind Geräte verfügbar, die mit relativ starker Gegenströmung zurechtkommen bzw. bis zu mehreren 100 m Tiefe, z.B. in Speicherseen eingesetzt werden können.

### **3.4 Interactive Troubleshooting**

Die FacharbeiterInnen in Wasserkraftwerken sollen zukünftig mit einem Assistenzsystem für die interaktive Störungsbehebung ausgestattet werden. Durch gezielte Bereitstellung von Daten aus dem Prozessleitsystem, der Anlagendokumentation oder von für die Störungsbehebung hilfreichen Hinweisen und konkreten Lösungsvorschlägen soll die Störungsbehebung beschleunigt bzw. die Anlagenverfügbarkeit erhöht werden. Experten können remote zugeschaltet werden und über eine Kamera den FacharbeiterInnen vor Ort bei der Störungsbehebung unterstützen. Als Hardware kommen Tablets, Smartphones und Datenbrillen zum Einsatz. Letztere sind technisch noch nicht vollständig ausgereift, industrietaugliche Datenbrillen können angesichts der laufenden Weiterentwicklungen jedoch in absehbarer Zeit erwartet werden.

### **3.5 Networked Platform, Data Analysis & Digital Twin**

Eine weitere Aufgabenstellung im Digitalen Wasserkraftwerk ist die Verschneidungsmöglichkeit für die Vielzahl an bereits verfügbaren, unterschiedlichen Datenquellen. Ausgehend von nur einem Maschinensatz mit bis zu mehreren tausend Datenpunkten und Informationen aus der Anlagendokumentation oder Leittechniksystemen bis hin zu Daten aus der Bauwerks- oder Umweltüberwachung/-vermessung wird die Komplexität deutlich.

Zudem ist davon auszugehen, dass durch die zunehmende Digitalisierung und die Vernetzung von Anlagen zukünftig noch größere Datenmengen gespeichert werden. Frühere Einschränkungen im Umgang mit großen Datenmengen sind heute durch die rasante Weiterentwicklung der technologischen Möglichkeiten weitgehend aufgehoben. Während früher nur ausgewählte, für die Betriebsführung wesentliche Daten gespeichert wurden, findet aktuell ein Umdenken hin zur möglichst vollständigen Erfassung der Daten statt.

Die Kunst bleibt dennoch, die relevanten Daten zu identifizieren und einen Mehrwert daraus zu generieren. Für die Datenanalysen stehen heute Algorithmen zur Verfügung. Es geht um Mustererkennung, um Störfallvorhersagen bzw. um die Nachbildung der Anlagen in Digital Twins. Digitale Zwillinge stellen digitale Nachbildungen realer industrieller Anlagen dar und dienen beispielweise zur Erkennung von Abweichungen vom Soll-Zustand bzw. auch für Prognosen. In anderen Bereichen der Energieerzeugung beispielsweise bei Gasturbinen werden sie zum Teil serienmäßig mitangeboten. Die Schwierigkeit bei Wasserkraftwerken in Bezug auf digitale Zwillinge von Maschinensätzen ist die Anlagenvielfalt, sodass die Vergleichbarkeit nur bedingt gegeben ist. Dennoch werden aktuell auch für Wasserkraftwerke Digital Twins angeboten.

Um die Möglichkeiten bzw. den Nutzen von Digital Twins beurteilen zu können, ist die Umsetzung eines Testsystems im Pilotkraftwerk geplant.

## **4 Zusammenfassung und Ausblick**

Derzeit laufen zwei große Digitalisierungsinitiativen bei VERBUND Hydro Power GmbH.

Das Projekt „Digital Workforce-Management“ beschäftigt sich mit der digitalen Unterstützung der administrativen und operativen Arbeitsprozesse in der Wasserkraft zur Umsetzung von Verbesserungspotenzialen in den bestehenden Systemen und zur Ermöglichung neuer mobiler Arbeitsweisen. Das Projekt „Digital Workforce-Management“ wurde im Juni 2016 mit der Erhebung der Ist-Prozesslandschaft gestartet und befindet sich mit der erfolgten Vergabe des WFM-Systems mittlerweile in der agilen Entwicklung und Implementierung.

Im Projekt „Digital Hydro Power Plant“ sollen durch Testung im Pilotkraftwerk neue für die Wasserkraft geeignete digitale Technologien identifiziert werden, die zukünftig zur Unterstützung im Betrieb bzw. letztendlich zur Effizienzsteigerung gewinnbringend eingesetzt werden können. In einem kontinuierlichen Ideenfindungsprozess sollen laufend weitere, neue Ideen generiert und auf deren Umsetzbarkeit geprüft werden. Das Pilotprojekt „Digital Hydro Power Plant“ wurde im Herbst 2017 gestartet. Die ersten konkreten Umsetzungen im Pilotkraftwerk wurden initiiert, nun gilt es sukzessive Erfahrungen zu sammeln.